

Modelo de Información Urbana de Barrio (MIUB) para regeneración urbana: una propuesta metodológica¹

Neighbourhood Information Model (NIM) for urban regeneration: a methodological approach

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO

MARTA ALONSO RODRÍGUEZ

VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ

DANIEL LÓPEZ BRAGADO

ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Miguel Fernández Maroto, Marta Alonso Rodríguez, Víctor Antonio Lafuente Sánchez, Daniel López Bragado, Enrique Rodrigo González, "Modelo de Información Urbana de Barrio (MIUB) para regeneración urbana: una propuesta metodológica", *ZARCH* 19 (diciembre 2022): 170-183. ISSN versión impresa: 2341-0531 / ISSN versión digital: 2387-0346. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2022196924

Recibido: 30-04-2022 / Aceptado: 06-10-2022

Resumen

La regeneración urbana es un campo en el que los métodos basados en datos han demostrado su utilidad tanto para el análisis de necesidades como para la simulación de actuaciones. Tras sintetizar el panorama actual en España a este respecto, este artículo presenta los planteamientos metodológicos de sucesivos trabajos desarrollados en esta materia en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, así como los fundamentos de un método denominado "Modelo de Información Urbana de Barrio" (MIUB) orientado a la evaluación previa de actuaciones de regeneración urbana, y que parte del uso de datos abiertos y de su tratamiento mediante procedimientos sencillos a través de software de uso habitual del ámbito de los Sistemas de Información Geográfica y el Building Information Modelling. Aunque estas premisas imponen las limitaciones actualmente inherentes a los métodos que renuncian a procesos complejos de tratamiento de datos y a la generación de herramientas tecnológicas o informáticas ad hoc, se constata su utilidad para caracterizar las necesidades de regeneración de los tejidos urbanos y evaluar desde una lógica comparativa posibles actuaciones de intervención en ámbitos definidos en ellos.

Palabras clave

Regeneración urbana, métodos basados en datos, métodos de evaluación, Sistemas de Información Geográfica, Building Information Modelling

Abstract

Urban regeneration is a field in which data-driven methods have proven their usefulness both for needs analysis and for the simulation of actions. After summarising the current situation in Spain in this respect, this article presents the methodological approaches of successive works developed in this field in the Autonomous Community of Castilla y León, as well as the fundamentals of a method called "Neighbourhood Information Model" (NIM) aimed at the pre-evaluation of urban regeneration actions, based on the use of open data and its processing through simple procedures using commonly used software in the fields of Geographic Information Systems and Building Information Modelling. Although these premises impose the limitations currently inherent to methods that renounce to complex data treatment processes and to the generation of ad hoc technological or computer tools, its usefulness is noted to characterise the regeneration needs of urban fabrics and to evaluate possible intervention actions in defined areas from a comparative approach.

Keywords

Urban regeneration, data-driven methods, assessment methods, Geographic Information Systems, Building Information Modelling

Miguel Fernández Maroto Doctor Arquitecto. Profesor Ayudante Doctor del área de Urbanística y Ordenación del Territorio en el Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. Autor de correspondencia: miguel.fernandez.maroto@uva.es. ORCID: 0000-0001-6853-2167.

Marta Alonso Rodríguez Doctora Arquitecta. Profesora Ayudante Doctora del área de Expresión Gráfica Arquitectónica en el Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. ORCID: 0000-0001-7662-4213.

Víctor Antonio Lafuente Sánchez Doctor Arquitecto. Profesor Ayudante Doctor del área de Expresión Gráfica Arquitectónica en el Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. ORCID: 0000-0002-3543-9035.

Daniel López Bragado Doctor Arquitecto. Profesor Ayudante Doctor del área de Expresión Gráfica Arquitectónica en el Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. ORCID: 0000-0001-9487-8057

Enrique Rodrigo González Arquitecto. Profesor Asociado del área de Urbanística y Ordenación del Territorio en el Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura de la Universidad de Valladolid. ORCID: 0000-0002-0681-9653

Introducción

En el amplio campo que abarcan actualmente los métodos de obtención y tratamiento de datos orientados al apoyo de la planificación y el diseño espacial, cabe sin duda distinguir aquellos específicamente preocupados por la regeneración urbana. Estos métodos abordan numerosos objetivos, que incluyen desde el diagnóstico urbanístico hasta la simulación de actuaciones, por medio de los correspondientes modelos analíticos, proyectuales, etc. Este texto plantea una aproximación, desde un enfoque metodológico, a la modelización basada en datos destinada a la orientación y apoyo de las actuaciones de regeneración urbana, centrada en el contexto español y más específicamente en la evolución de la línea de investigación que, en esta materia, se ha venido desarrollando desde la Universidad de Valladolid en la última década.

En concreto, el objetivo del artículo es, por un lado, caracterizar los planteamientos metodológicos de una serie de propuestas que han abordado, en el contexto español, el uso y tratamiento de datos dentro del ámbito de la regeneración urbana, y por otro lado, describir los fundamentos metodológicos de un modelo de evaluación previa de posibles actuaciones de regeneración urbana, denominado “Modelo de Información Urbana de Barrio” (MIUB), que, como se verá, presenta dos ventajas: recurrir exclusivamente al uso de datos abiertos y a su tratamiento mediante software de uso habitual, del ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y del *Building Information Modelling* (BIM); y plantear un procedimiento simplificado, basado en la detección de necesidades y la evaluación de posibles actuaciones según una lógica comparativa.

Para ello, en un primer apartado se aborda la evolución que, en España, ha experimentado el uso de datos en el ámbito de la regeneración urbana, desde métodos puramente analíticos y de base estadística, orientados a la detección de la vulnerabilidad urbana, hacia otros métodos más sofisticados y que pretenden una simulación precisa de posibles actuaciones. Asimismo, se analiza en detalle el caso de Castilla y León y de los métodos elaborados para el gobierno autonómico de cara a la planificación de sus actuaciones de regeneración urbana, con una evolución similar. Enlazando con lo anterior, el segundo apartado presenta los fundamentos metodológicos del citado MIUB, detallando las fuentes de datos empleadas y los procedimientos a los que estos son sometidos. Finalmente, en el apartado de conclusiones se discuten las oportunidades y limitaciones que existen actualmente respecto a los métodos basados en datos en el campo de la regeneración urbana, así como la utilidad y ventajas del modelo propuesto.

1 Este artículo se enmarca en los trabajos del proyecto de investigación “Desarrollo aplicado de la herramienta NIM-MIUB para la evaluación de actuaciones de regeneración urbana a través de un estudio piloto en los barrios Entrevías (León)”, financiado por la Universidad de Valladolid (Ayudas para la realización de proyectos de investigación UVa 2021, código PROYEMER-2021-51).

2 A nivel europeo, cabe mencionar la Carta de Leipzig (2007) y la Declaración de Toledo (2010), mientras que a nivel español se pueden citar la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, y el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.

3 Así se establece en la primera línea de actuación del objetivo específico 2.5 (Impulsar la regeneración urbana) de la Agenda Urbana Española (2019).

Uso de datos y regeneración urbana: de la medición de necesidades a la simulación de actuaciones

A medida que la regeneración urbana fue consolidándose hasta convertirse en prioritaria en el ámbito de las políticas urbanas, tanto en la Unión Europea en general como en España en particular², han ido apareciendo numerosos métodos basados en el uso de datos que han abordado alguno de los diversos aspectos que concurren en la regeneración urbana, entre los que ha destacado la detección de la vulnerabilidad urbana. Más allá de las distintas definiciones que se han propuesto para este concepto en dichos métodos, se constata su creciente vinculación con las políticas de regeneración urbana, entendiéndose que estas últimas deben desplegar sus actuaciones, al menos prioritariamente, en aquellos ámbitos urbanos señalados por su vulnerabilidad³.

En el caso concreto de España, entre los métodos orientados a la detección de la vulnerabilidad urbana, hay que destacar el que ha venido sustentando los denomi-

Forma y comportamiento:
modelar la urbanidad

Form and behaviour:
modelling urbanity

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

- 4 Para un resumen de su ya larga trayectoria, ver: Iván Rodríguez-Suárez y otros, "Los Catálogos de Barrios Vulnerables de España: análisis de la vulnerabilidad en las ciudades españolas entre 1991 y 2011", *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 53 (Monográfico 2021): 179-200.
- 5 Sobre el observatorio y la integración en él de los catálogos, ver: Eduardo de Santiago Rodríguez, "Herramientas de diagnóstico para las intervenciones de regeneración urbana integrada en la ciudad consolidada: ejemplos de España", *Limaq* 4 (2018): 219-46.
- 6 Rafael R. Temes, "Valoración de la vulnerabilidad integral en las áreas residenciales de Madrid", *EURE* 40-119 (enero 2014): 119-49; Rafael R. Temes Córdovez, "Visor de Espacios Urbanos Sensibles (VEUS). Una nueva herramienta para intervenir en la ciudad", en *Actas del III congreso Internacional ISUF-H: Ciudad compacta vs. Ciudad difusa* (Valencia: Universitat Politècnica de València, 2019), 454-61.
- 7 Jesús García-Araque y José Luis García-Cuesta, "Propuesta y ensayo de una metodología de identificación de la vulnerabilidad urbana", *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 52-205 (Otoño 2020): 455-76.
- 8 Sergio Tirado Herrero, "Energy poverty indicators: A critical review of methods", *Indoor and Built Environment* 26-7 (2017): 1018-31; Fernando Martín-Consuegra y otros, "Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España)", *EURE* 45-135 (mayo 2019): 133-52.
- 9 Francisco P. Costa y Carlos A. Santos Silva, "Urban Modeling and Analytics in a Smart Context", en *Towards Energy Smart Homes: Algorithms, Technologies, and Applications*, Stephane Ploix, Manar Amayri y Nizar Bouguila, ed. (Cham: Springer Nature, 2021), 1-19.

nados "Catálogos de Barrios Vulnerables", una iniciativa amparada por el Gobierno de España y desarrollada desde el Instituto Juan de Herrera de la Universidad Politécnica de Madrid por un grupo liderado por Agustín Hernández Aja⁴. La relevancia de esta propuesta recae, por un lado, en su condición pionera en España, en su soporte oficial y en su aplicación a todas las grandes ciudades del país, lo que la ha convertido en una referencia insoslayable que, desde hace unos años, se ha integrado en un Observatorio de la Vulnerabilidad Urbana⁵. Por otro lado, atendiendo al método analítico que la soporta, se aprecian en él varios aspectos de gran interés por cuanto pueden rastrearse en otros muchos métodos propuestos posteriormente, al tiempo que ponen de manifiesto su alcance y limitaciones.

Así, dicho método se basa, en primer lugar, en el empleo de datos abiertos (públicos), procedentes en este caso de una única fuente: los Censos de Población y Vivienda, lo cual determina a su vez su disponibilidad temporal (con periodicidad decenal) y su alcance espacial, que se corresponde con la sección censal (límite de desagregación de los datos censales). En segundo lugar, de dichos datos se obtienen los denominados "Indicadores Básicos de Vulnerabilidad Urbana" (IBVU): dos de ellos con un perfil socioeconómico (estudios y paro) y otro con un perfil físico (condiciones o estado de las viviendas), asociándose a cada uno ciertos valores de referencia definitorios de la vulnerabilidad. Y, en tercer lugar, se procede a la delimitación de los "barrios vulnerables", ajustando los límites de carácter estadístico a la realidad espacial de las ciudades (estructural y morfo-tipológica), para anticipar también la viabilidad de posibles proyectos de intervención.

En resumen, el método está condicionado por los datos que lo sustentan (accesibilidad, y alcance temporal y espacial), se concreta en la definición de indicadores (que incluyen variables socioeconómicas y físicas) y combina el análisis "automático" (estadístico) con el "manual" (ajuste a la realidad espacial), orientándose a lo que, analíticamente, se define como la detección de la vulnerabilidad urbana, y que, desde un punto de vista proyectivo, cabría definirse como la detección de necesidades de regeneración. Una lógica en la que se pueden ubicar los trabajos de otros investigadores como, por ejemplo, Rafael Temes⁶, que en sendas propuestas para el municipio de Madrid y para los municipios de la Comunidad Valenciana amplía tanto las fuentes de información estadística como los indicadores empleados. Por su parte, otros investigadores, como Jesús García-Araque y José Luis García-Cuesta⁷, plantean la necesidad de combinar estos métodos de base cuantitativa con análisis de índole cualitativa, sustentados en datos obtenidos mediante trabajo de campo.

En el periodo más reciente, ha cobrado un especial protagonismo en el marco de la regeneración urbana la rehabilitación energética del parque edificado, impulsada por la lucha contra el Cambio Climático e institucionalizada tanto en la normativa europea (Directiva 2018/844) como en su despliegue en España, a través de la denominada "Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España", aprobada en 2014 y actualizada en 2017 y 2020. Este factor energético ha irrumpido en los análisis de la vulnerabilidad urbana a través de la variable de la pobreza energética, con discusiones y propuestas sobre indicadores y métodos específicos⁸.

Asimismo, esta concreta variable energética ha impulsado una evolución desde los métodos puramente analíticos hacia otros que introducen una simulación de posibles intervenciones en ámbitos caracterizados por sus necesidades de rehabilitación energética. A nivel internacional han ido surgiendo numerosas propuestas (CEA, UMI, CityBES, TEASER, etc.) creadas a partir del uso combinado de bases de datos y de software de modelización energética⁹. Entre estos últimos destaca el motor EnergyPlus, que ha permitido, por ejemplo, el desarrollo del software

URBANopt, basado en el uso de fuentes abiertas y que permite realizar diferentes simulaciones energéticas¹⁰.

Volviendo al contexto español aquí abordado, pero en esta misma línea, cabe citar la herramienta urbanZEB desarrollada por un equipo de la Universitat Politècnica de Catalunya¹¹, basada en técnicas *big data* y plasmada en un software específico con capacidad no solo de diagnosticar, sino también de valorar el impacto tanto energético como económico de eventuales actuaciones de rehabilitación; o de la propuesta desarrollada por un equipo del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja en el marco del proyecto Habita_RES¹², consistente en una herramienta de evaluación tanto de la demanda actual de calefacción como de los costes y los beneficios de la rehabilitación. Pese a sus diferencias, estas dos propuestas tienen importantes características comunes. Por un lado, desde el punto de vista de las fuentes de datos, es interesante observar que ambas recurren al mismo proveedor: el Catastro (datos alfanuméricos y cartografía vectorial), lo cual permite superar las limitaciones de los Censos de Población y Vivienda, en particular las de índole espacial, pasando de la sección censal al inmueble como unidad de obtención de datos. Por otro lado, en ambos casos se genera una herramienta *ad hoc*, construida mediante técnicas de programación informática.

El caso de Castilla y León y de su Estrategia de Regeneración Urbana (ERUCyL)

En la Comunidad Autónoma de Castilla y León se han venido desarrollando una serie de métodos basados en datos y orientados a la regeneración urbana que reflejan una evolución similar a la observada en el conjunto de España, y que se han elaborado a partir de una serie de contratos de I+D entre la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León y el Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, a través de su grupo de investigación encabezado por Juan Luis de las Rivas Sanz (IUU_Lab).

El primer método se desarrolló entre 2009 y 2010 como parte del Plan de Rehabilitación Integral de Castilla y León (PRICYL)¹³ y consistió en la definición de un “Índice de Necesidad de Rehabilitación” (INR) para los más de 2.200 municipios de Castilla y León y para cada uno de los barrios de sus ciudades (secciones censales de municipios con más de 20.000 habitantes), con una finalidad eminentemente comparativa, es decir, para detectar los municipios y las secciones censales en peor situación respecto al resto. Para ello, se definieron cuatro factores de vulnerabilidad: tres de índole socioeconómica (A: variación de población entre 1991 y 2008; B: tasa de envejecimiento en 2008; C: tasa de paro en 2008) y uno de índole física (D: antigüedad del parque edificatorio, en concreto el porcentaje de edificios construidos antes de 1981). Como fuentes de datos, se emplearon los Padrones de Población del INE de 1991 y 2008 (factores A y B), el Anuario publicado por La Caixa en 2009 (factor C) y el Censo de Viviendas de 2001 (factor D). Por medio de operaciones estadísticas sencillas (básicamente, empleando la desviación estándar) se asignaba una puntuación de 1, 2 o 3 a cada factor en función de si su situación era peor, similar o mejor que la media considerada, de lo cual resultaba un INR que oscilaba entre un valor de 4 (menor necesidad) y de 12 (mayor necesidad), tanto para la escala municipal como para la escala de barrio.

Este método fue depurado y actualizado entre 2014 y 2015 con motivo de la elaboración de la Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León (ERUCyL)¹⁴, buscando una mayor homogeneidad en los cálculos y en el origen de los datos. Se mantuvieron la doble escala considerada (municipios y secciones censales de las ciudades) y, aunque reformulados, los cuatro factores planteados en el PRICYL:

10 URBANopt (Urban Renewable Building And Neighborhood optimization), <https://docs.urbanopt.net/> (consultada el 8 de septiembre de 2022).

11 Joaquim Arcas-Abella, Anna Pagès-Ramon y Ander Bilbao, “Herramienta urbanZEB. Hacia el desarrollo de estrategias urbanas de transición energética de edificios”, *ACE Architecture, City and Environment* 16-46 (2021): 9888.

12 Fernando Martín-Consuegra y otros, “Utilización de datos catastrales para la planificación de la rehabilitación energética a escala urbana: aplicación a un barrio ineficiente y vulnerable de Madrid”, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 54-211 (Primavera 2022): 115-36.

13 Juan Luis de las Rivas Sanz, dir., *PRICYL Plan de Rehabilitación Integral de Castilla y León* (Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 2011).

14 Juan Luis de las Rivas Sanz, dir., *ERUCyL Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León* (Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 2015); Miguel Fernández-Maroto y Enrique Rodrigo González, “La Estrategia de Regeneración Urbana en Castilla y León (ERUCyL)”, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 50-196 (Verano 2018): 375-83.

Forma y comportamiento:
modelar la urbanidad

Form and behaviour:
modelling urbanity

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

A, variación de población entre 2001 y 2011; B, tasa de envejecimiento en 2011; C, tasa de paro (municipios) y de población no ocupada (secciones censales) en 2011; D, antigüedad del parque de viviendas. Como fuente de datos se emplearon, para los factores A, B y C, los Censos de Población de 2001 y 2011 (así como los datos del Servicio Público de Empleo Estatal para el factor C a escala municipal), mientras que para el factor D se emplearon los Censos de Viviendas de 2001 y 2011 para la escala municipal (edificios de viviendas construidos antes de 1981 en 2001 respecto a los totales en 2011) y los datos del Catastro para la escala de las secciones censales de las ciudades (viviendas construidas antes de 1981 en 2014, respecto a las totales en 2014). De ello se obtuvo un reformulado “Índice de Necesidades de Regeneración” (INR) con valores oscilantes, de nuevo, entre 4 y 12, tanto para todos los municipios de Castilla y León como para las secciones censales de sus ciudades (figura 1). Como complemento de este índice, la ERUCyL incorporó también un catálogo de “conjuntos residenciales homogéneos” (grandes grupos o conjuntos de viviendas con características homogéneas y, por ello, más susceptibles de intervención).

Como se puede observar, los métodos planteados en el PRICYL y la ERUCyL son muy similares a los reseñados con anterioridad a nivel nacional, compartiendo con ellos su orientación al diagnóstico (mediante procedimientos estadísticos) y las limitaciones derivadas de las fuentes de datos empleadas, en particular la restricción impuesta por la sección censal como nivel máximo de desagregación de la información accesible públicamente, a lo que se añade, además, que su extensión es variable en el espacio (dimensiones muy diversas) y en el tiempo (cambios en su delimitación). De hecho, en la ERUCyL se dio el paso de recurrir a información catastral, disponible y obtenida a nivel de inmueble, pero que hubo que agregar a nivel de sección censal por coherencia con los restantes datos utilizados. No obstante, esa potencialidad de los datos catastrales en el diagnóstico urbanístico también se constató otro trabajo que estaba siendo desarrollado en paralelo a la ERUCyL por el mismo grupo de investigación: su colaboración en la revisión del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Valladolid, que se centró en el estudio de los tejidos urbanos consolidados.

En la fase de avance de este trabajo, desarrollada en 2012, se preparó un estudio de los barrios de la ciudad, delimitados a partir de la agregación de secciones censales y caracterizados por el tratamiento estadístico de datos obtenidos con este mismo nivel de desagregación. Más adelante, entre 2013 y 2015, se elaboró la división del suelo urbano consolidado en “unidades urbanas”, una figura contemplada en la normativa urbanística de Castilla y León como instrumento de evaluación y seguimiento de esta clase de suelo¹⁵. En este caso, la delimitación de las unidades urbanas no tuvo que ceñirse a las secciones censales, al recurrirse para su caracterización a datos desagregados a nivel de manzana (población, facilitada por los técnicos del Ayuntamiento de Valladolid a partir de los datos del padrón municipal de 2012) y de parcela, en este último caso mediante la explotación de datos catastrales. Se obtuvo así un amplio diagnóstico de los tejidos existentes de Valladolid, constatándose la utilidad de recuperar un concepto urbanístico de barrio en un contexto de impulso de la regeneración urbana¹⁶.

Finalmente, a partir de estos trabajos, y en la misma línea de la evolución más reciente a nivel tanto internacional como nacional, antes reseñada, se planteó la oportunidad de avanzar metodológicamente desde el análisis-diagnóstico de necesidades hacia la simulación de actuaciones de regeneración urbana, de tal modo que, en 2018, este mismo grupo de investigación trabajó en el diseño de una herramienta de desarrollo I+D+i de la ERUCyL¹⁷. Por un lado, se pretendía definir un modelo de datos para la recopilación sistematizada de la información disponible en distintas fuentes (todas abiertas), desde una lógica que, tomando

15 Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, art. 85.

16 Juan Luis de las Rivas Sanz y otros, “Recuperando el concepto urbanístico de barrio: unidades urbanas y regeneración urbana en Castilla y León”, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 49-191 (Primavera 2017).

17 Juan Luis de las Rivas Sanz, dir., *Diseño y propuesta de una herramienta de desarrollo I+D+i de la Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León* (Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 2018).

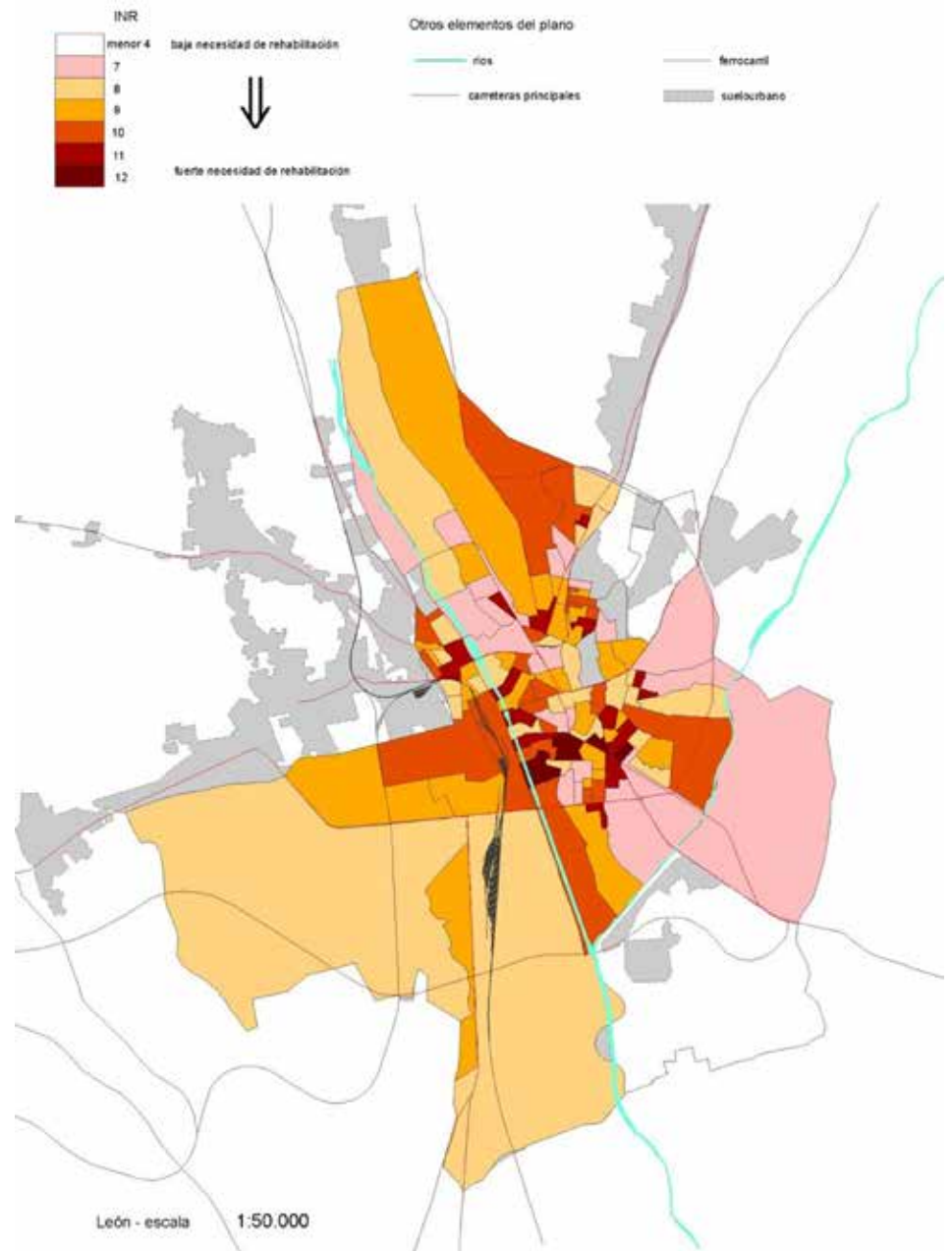


Figura 1. Representación del INR de las secciones censales de la ciudad de León.

como referencia la escala del barrio, pudiese reunir datos desagregados a nivel de sección censal, manzana, parcela y edificio (figura 2). Por otro lado, frente a la generación de herramientas tecnológicas o informáticas *ad hoc*, se intentó explorar las posibilidades del uso de software accesible (de uso habitual) en el campo no sólo de la investigación, sino del mundo profesional, en concreto del ámbito de los SIG y el BIM. A partir de ello, se planteó un método en tres pasos que incluía la síntesis analítica del ámbito de una posible actuación de regeneración (previamente delimitado), la definición de estrategias de intervención por medio de escenarios alternativos, y la evaluación de dichas alternativas mediante un proceso de simulación.

Este trabajo permitió alcanzar una definición inicial del denominado “Modelo de Información Urbana de Barrio (MIUB)” o “Neighbourhood Information Model” (NIM) como agregado de información en una escala, la del barrio, útil para la planificación de actuaciones de regeneración. Asimismo, permitió constatar las aún muy limitadas posibilidades de interacción entre los SIG y el BIM. Más allá de operaciones básicas de importación/exportación y visualización de modelos en 3D, aún no existen soluciones estandarizadas para el intercambio eficaz de información (exploradas a través de los lenguajes CityGML de los SIG e IFC del BIM)¹⁸, lo que conduce, como se comentó anteriormente, al desarrollo de proyectos específicos que requieren técnicas de programación o desarrollo de software propio.

18 Zhu y otros, “A Critical Review of the Integration of Geographic Information System and Building Information Modelling at the Data Level”, *International Journal of Geoinformation* 7-2 (2018): 1-16.

Forma y comportamiento:
modelar la urbanidad

Form and behaviour:
modelling urbanity

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

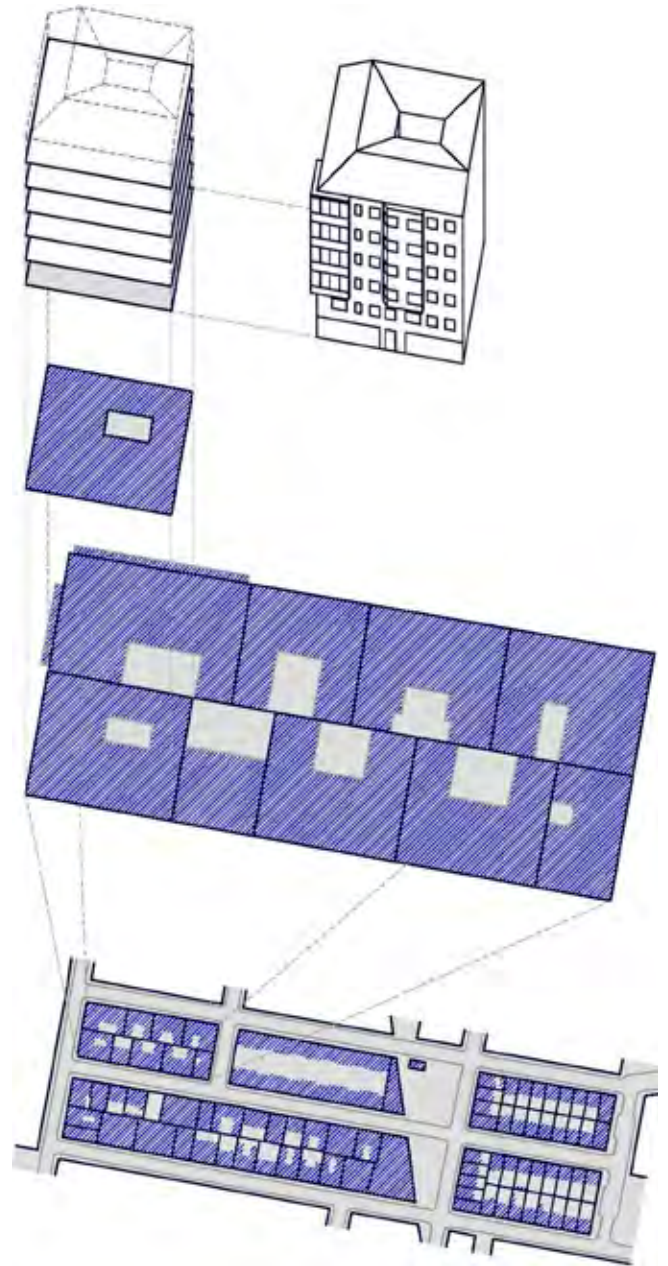


Figura 2. Esquema gráfico de los niveles espaciales considerados: sección censal, manzana, parcela, edificio.

El Modelo de Información Urbana de Barrio (MIUB) como método orientado a la evaluación de actuaciones de regeneración urbana

Partiendo de la experiencia acumulada a través de los trabajos reseñados en el apartado anterior, en septiembre de 2021 se puso en marcha un proyecto de investigación, aún en curso, financiado por la Universidad de Valladolid y desarrollado por un equipo de su Departamento de Urbanismo y Representación de la Arquitectura (compuesto por investigadores del área de la Urbanística y Ordenación del Territorio y la Expresión Gráfica Arquitectónica), cuyo objetivo es avanzar en el desarrollo de una herramienta de evaluación de actuaciones de regeneración urbana mediante el empleo exclusivo de software SIG y BIM de uso habitual.

En concreto, se pretende completar en primer lugar la definición del MIUB como un método que, por un lado, establezca una lógica sistemática de recopilación de información procedente de fuentes abiertas diversas, y por otro lado, evalúe posibles actuaciones de regeneración urbana mediante la simulación de alternativas. En segundo lugar, se pretende comprobar dicho método aplicándolo a un caso de estudio, para el que se ha seleccionado, de forma preliminar, un ámbito de la ciudad de León. Lo que se va a exponer a continuación corresponde al primer objetivo, es decir, al MIUB como propuesta metodológica orientada a la evaluación previa de actuaciones de regeneración urbana.

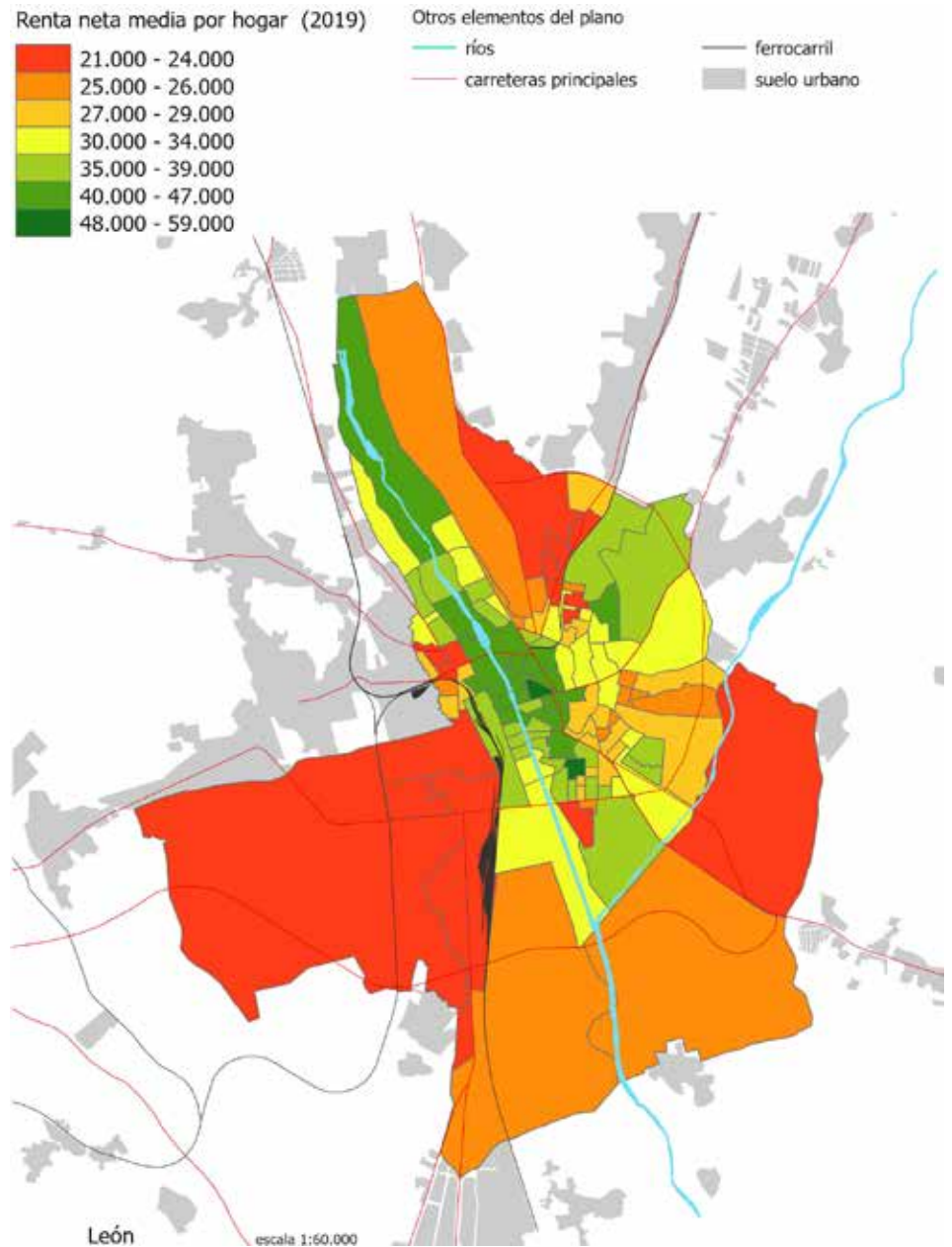


Figura 3. Representación de los datos de renta media por hogar en 2019 de las secciones censales de la ciudad de León.

El barrio “de arriba abajo” (desde la sección censal) y “de abajo arriba” (desde la parcela): agregación de datos mediante un proyecto SIG sobre cartografía catastral

La caracterización del MIUB requiere aclarar en primer lugar el propio concepto de barrio que se incluye en su denominación, y que está vinculado en este caso a la finalidad del modelo: por un lado, la agregación de información urbana obtenida desde diversas fuentes, y, por otro lado, la simulación de actuaciones de regeneración urbana. El primer aspecto conduciría a priori a la identificación del ámbito “barrio” con la sección censal, que sigue siendo actualmente el ámbito urbano más pequeño para el que se puede obtener información desagregada por parte de los principales proveedores de información estadística. Sin embargo, las actuaciones de regeneración urbana se delimitan habitualmente en ámbitos de menor dimensión que la sección censal. Se plantea así un aparente problema metodológico que, en este caso, se resuelve a través de una aproximación en dos tiempos, y desde dos escalas, al ámbito de la actuación de regeneración que va a ser objeto de evaluación.

En primer lugar, se mantiene la referencia a la sección censal para realizar una primera agregación de información de índole socioeconómica y naturaleza estadística, que se corresponde con los factores A, B y C de la ERUCyL: variación de

Forma y comportamiento:
modelar la urbanidad

Form and behaviour:
modelling urbanity

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

población, tasa de envejecimiento y tasa de población no ocupada, con datos procedentes del INE y referidos a los Censos de Población. Asimismo, ello se complementa con un nuevo factor, procedente del “Atlas de distribución de renta de los hogares”, publicado por el INE desde 2019 y que ofrece diversos datos de renta (bruta y neta, referidas a medias por hogar o por persona) y para los años 2015 a 2019 (figura 3). De este modo, se plantea una primera cartografía sobre la base de las secciones censales del municipio en cuestión que reúna información de carácter socioeconómico periódicamente actualizada (habitualmente de base decenal, conforme a las fuentes de datos empleadas), de tal forma que los ámbitos delimitados dentro de cada sección censal para su evaluación reciben un primer paquete de datos “de arriba abajo”, lo que además permite comparar sus diferentes situaciones de partida.

En segundo lugar, se añade una segunda referencia espacial que permite agregar datos “de abajo arriba”, y que se corresponde con la parcela. Así, se plantea el desarrollo de un proyecto SIG, empleando el software ArcGIS Pro de Esri, y a partir de la cartografía vectorial facilitada por la Dirección General del Catastro, se seleccionan las parcelas incluidas en el ámbito que se va a evaluar. Seguidamente, a través de la explotación de la información alfanumérica procedente de la misma fuente, y desagregada a nivel de inmueble, se dota a cada parcela catastral de la información relativa al número de inmuebles y la superficie total que ocupan en correspondencia con las diez tipologías constructivas establecidas en las Normas Técnicas de Valoración (Norma 20, Cuadro de coeficientes del valor de las construcciones) en su primer grado de clasificación, ampliándose al segundo y tercer grado de clasificación en el caso de la tipología residencial para distinguir las superficies destinadas a garajes y trasteros. Asimismo, se asigna a cada parcela un año de construcción, obtenido a partir de la media, ponderada por superficie, de los años asignados a cada inmueble. De este modo, la agregación de los datos asignados a cada parcela ofrece una segunda caracterización del ámbito de evaluación obtenida “de abajo arriba” y referida a la edificación, incluyendo tanto su antigüedad como los usos que acoge, y que complementa la caracterización socioeconómica de su población previamente obtenida a nivel de sección censal.

Simulación de acciones de rehabilitación energética mediante software BIM

Una vez realizada la caracterización del ámbito delimitado en su estado actual, el método propuesto plantea la realización de una serie de simulaciones por medio de un proyecto BIM, empleándose para ello el software Revit de Autodesk, de uso muy generalizado. En concreto, se plantea la simulación de acciones de rehabilitación energética de la edificación, en la medida en que son el principal componente de las actuaciones de regeneración urbana, habiendo alcanzado además una condición de prioridad política a nivel tanto europeo como español, tal y como ya se ha comentado.

Para ello, el primer paso consiste en la exportación a formato CAD (DXF) de la cartografía catastral del proyecto SIG, de cara a su importación a Revit con su correspondiente información de geolocalización (coordenadas). A continuación, se procede a la elaboración de unos modelos arquitectónicos simplificados (masas conceptuales) de todos los edificios de la zona de estudio, así como de las inmediatamente adyacentes (para poder realizar luego un estudio solar realista y completo de cada edificio), y seguidamente se procede a la modelización de la envolvente (muros, cubiertas y carpinterías) de cada uno de los edificios del ámbito en su estado de partida (escenario base), respetando su geometría (tipo de cubierta, tamaño y disposición de huecos, etc.), pero siguiendo un patrón simplificado en cuanto a sus componentes materiales (figura 4).

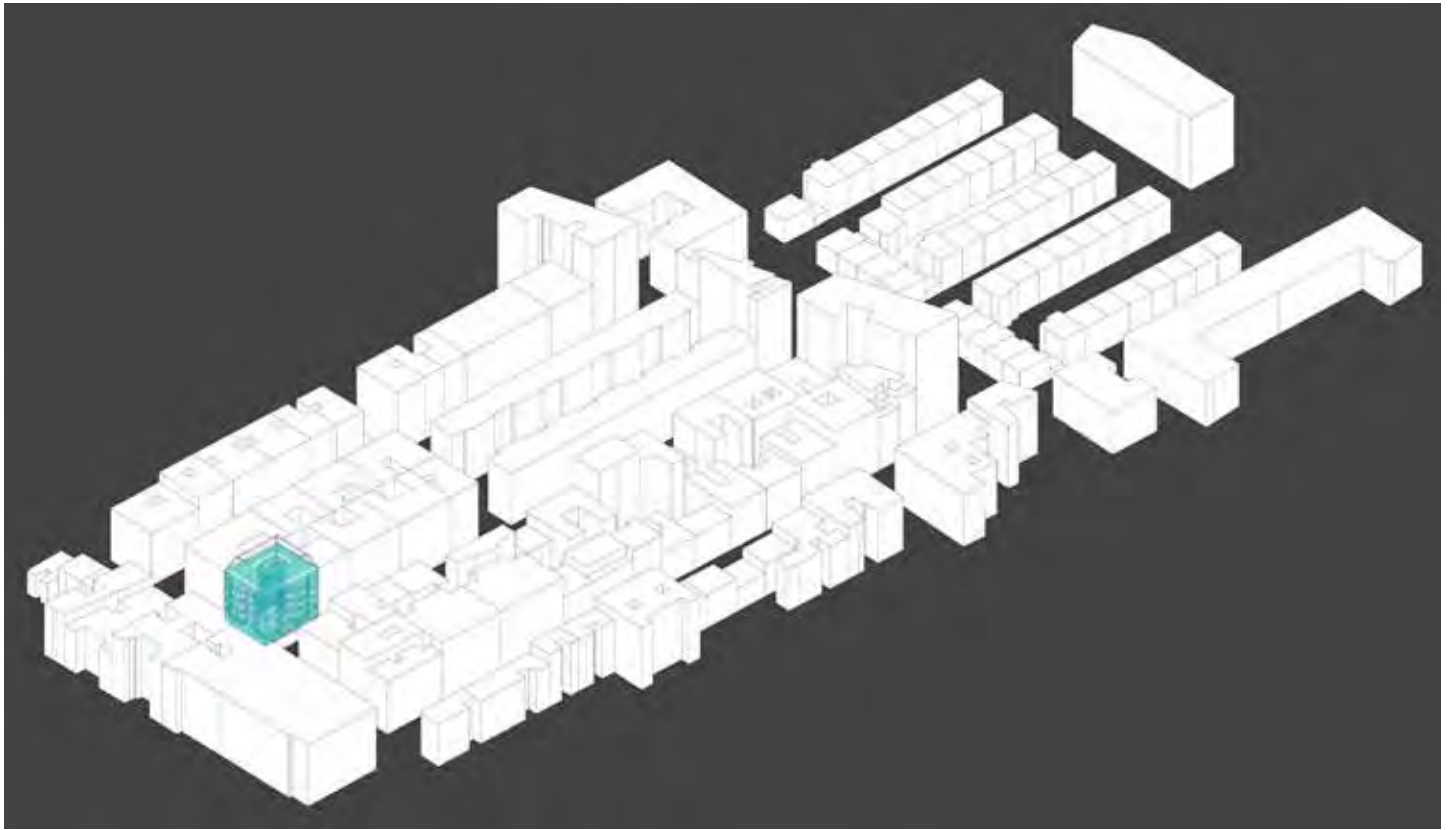


Figura 4. Captura de un ejemplo de modelo arquitectónico de masas conceptuales correspondiente a una sección censal de la ciudad de León, incluyendo el modelo, más detallado, de la envolvente de un edificio (resaltado en verde).

En concreto, para el escenario base se definen tres categorías de muros (M1, M2, M3) y tres categorías de ventanas (V1, V2, V3), mientras que solo se considera un tipo unificado de cubierta inclinada (C1). A cada una se le asignan unos valores de resistencia térmica medios en función de los materiales que los componen y que sirven de referencia de partida para el estudio (figura 5). Respecto a la asignación de cada categoría a cada edificio estudiado, se realiza a partir de la información obtenida mediante inspección visual básica, ya sea in situ u online (recurriendo, por ejemplo, a fuentes abiertas como Google Street View), en un proceso facilitado por la presencia habitual de más de un edificio correspondiente al mismo tipo (polígonos de vivienda).

El siguiente paso consiste en la creación de los modelos correspondientes a cada alternativa que se vaya a evaluar, y que corresponden a tres acciones típicas de rehabilitación energética: mejora de fachadas mediante incorporación de sistemas de aislamiento térmico exterior (M1R y M2R), sustitución de ventanas (V1/V2 por V3) y mejora del aislamiento térmico de las cubiertas (C2). Seguidamente, se procede a la simulación energética del escenario base y de esos tres escenarios de rehabilitación, para lo que se han explorado dos alternativas: la generación del modelo energético mediante la herramienta Insight (integrada en Revit) y su evaluación mediante Green Building Studio, y el recurso directo al simulador energético de Revit, que utiliza el motor EnergyPlus (empleado y validado en otros proyectos, como ya se ha comentado), habiéndose optado por esta última, ya que reduce a uno el software a utilizar. Dado que solo se evalúan acciones en la envolvente, dentro de esta no se tienen en cuenta las particiones interiores y se considera que todas las viviendas cuentan con caldera individual de gas (por ser la situación más común), mientras que los eventuales locales comerciales se consideran como zonas no calefactadas.

Los informes obtenidos (por cada edificio y escenario) indican las demandas energéticas anuales tanto de calefacción (negativas) como de refrigeración (positivas), y distinguen si son debidas a ganancias internas (producidas por personas, electrodomésticos, iluminación, etc.), a sistemas de climatización o a la

Forma y comportamiento:
modelar la urbanidad

Form and behaviour:
modelling urbanity

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

Tipo	Descripción	Resistencia térmica (R)	Coefficiente de transferencia de calor (U)	Grosor (cm)
M1	Muro sin cámara y sin aislamiento	3,3333 m ² -K/W	0,3000 W/m ² -K	30
M1R	Muro sin cámara y sin aislamiento con SATE	6,1905 m ² -K/W	0,1615 W/m ² -K	40
M2	Muro con cámara y sin aislamiento	4,2857 m ² -K/W	0,2333 W/m ² -K	30
M2R	Muro con cámara y sin aislamiento con SATE	5,7143 m ² -K/W	0,1750 W/m ² -K	40
M3	Muro con cámara y aislamiento	3,7500 m ² -K/W	0,2667 W/m ² -K	30
V1	Carpintería de madera	0,1492 m ² -K/W	6,7018 W/m ² -K	-
V2	Carpintería de aluminio corredera	0,1754 m ² -K/W	5,7018 W/m ² -K	-
V3	Carpintería de PVC con rotura puente térmico	0,5882 m ² -K/W	1,7000 W/m ² -K	-
C1	Cubierta inclinada entre tabiques aligerados sin aislamiento	2,0000 m ² -K/W	0,5000 W/m ² -K	30
C2	Cubierta inclinada entre tabiques aligerados con aislamiento	5,0311 m ² -K/W	0,1988 W/m ² -K	40

	Sensible instantáneo [W]	Sensible diferido [W]	Latente [W]	Total [W]	Porcentaje del total [%]
Envolvente					
Cubierta	-	-1,460	-	-1,460	5.8
Otro: cubierta	-	0	-	0	0.0
Techo	-	0	-	0	0.0
Cristal: conducción	-7,766	-	-	-7,766	30.9
Cristal: solar	-	0	-	0	0.0
Puerta	-	0	-	0	0.0
Muro	-	-7,167	-	-7,167	28.5
Muro bajo rasante	-	0	-	0	0.0
Partición	-	0	-	0	0.0
Otro: muro	-	0	-	0	0.0
Suelo exterior	-	-797	-	-797	3.2
Suelo interior	-	0	-	0	0.0
Losa	-	0	-	0	0.0
Otro: suelo	-	0	-	0	0.0
Infiltración	-5,634	-	-596	-6,190	24.6
Subtotal	-13,399	-9,424	-556	-23,379	93.1
Ganancias internas					
Personas	0	0	0	0	0.0
Luces	0	0	-	0	0.0
Aire de retorno: luces	0	-	-	0	0.0
Equipo	0	0	0	0	0.0
Subtotal	0	0	0	0	0.0
Sistemas					
Ventilación de zona	-1,578	-	-156	-1,734	6.9
Transferencia de aire	0	-	0	0	0.0
DOAS directo a zona	0	-	0	0	0.0
Aire de retorno: otro	0	-	-	0	0.0
Equipo de generación de energía	0	0	-	0	0.0
Refrigeración	0	-	0	0	0.0
Equipo de uso de agua	0	-	0	0	0.0
Pérdida de equipo de climatización	0	0	-	0	0.0
Subtotal	-1,578	0	-156	-1,734	6.9
Total					
Ajuste del factor de tamaño	0	-	-	0	0.0
Corrección de retardo de tiempo	-	-10	-	-10	0.0
Total general	-14,978	-9,434	-712	-25,123	100.0

Figura 5. Características básicas de los elementos de la envolvente térmica (muros, cubiertas y ventanas) utilizados en los modelos y simulaciones energéticas de los edificios.

Figura 6. Ejemplo de informe de análisis de demanda energética para calefacción obtenido en Revit.

envolvente (figura 6), siendo estas últimas las únicas que se extraen en tablas para proceder a su importación desde el proyecto SIG previamente elaborado, centralizándose en él la comparativa de los valores obtenidos en cada alternativa evaluada, es decir, la valoración del ahorro obtenido imputable a las acciones sobre la envolvente térmica de los edificios.

Estimación del coste e impacto económico de las actuaciones de regeneración consideradas

Junto con la simulación energética de cada alternativa considerada, se ha introducido en el método una estimación tanto del coste como del impacto económico de dichas alternativas, en la medida en que se trata de un factor determinante para evaluar su viabilidad e interés.

En primer lugar, la asignación de un presupuesto estimado a cada acción de rehabilitación energética simulada permite obtener el coste o impacto directo de dicha actuación, es decir, el gasto realizado por los propietarios de las viviendas incluidas en ella. En segundo lugar, es posible estimar el impacto indirecto considerando las aportaciones de terceros o los posibles beneficios económicos que reviertan en los propietarios de las viviendas, es decir, estimar la relación coste/beneficio para los propietarios. Ello incluye aspectos como las subvenciones a la rehabilitación energética (en función de los programas vigentes en cada momento y lugar), el ahorro en las facturas energéticas (estimado a partir del coste medio de la energía) o incluso la revalorización de los propios inmuebles (estimada a partir de los criterios empleados por la Dirección General del Catastro para la determinación de los valores de referencia de los inmuebles urbanos). El cálculo de ambos impactos, directo e indirecto, se realiza según un modelo DENIO, basado en la comparación entre un escenario base o tendencial (sin actuaciones de regeneración) y los escenarios correspondientes a las actuaciones simuladas.

Asimismo, en tercer lugar, es también posible una aproximación al impacto económico inducido o multiplicador, es decir, al efecto producido por las actuaciones simuladas en el conjunto del sistema económico local. Para ello, se recurre al modelo input-output o modelo de Leontief, que estudia las relaciones bilaterales entre todos los sectores de la economía y permite determinar los efectos de la variación de cada uno de esos sectores sobre los demás. En el caso de Castilla y León, las tablas input-output que permiten aplicar el método sólo están disponibles para el conjunto de la Comunidad Autónoma y actualizadas por última vez en 2010, por lo que se trataría de una estimación simplificada, dadas tanto la carencia de actualizaciones recientes como la suposición de que la estructura económica sectorial local, correspondiente al ámbito evaluado, es similar a la de Castilla y León en su conjunto.

Conclusiones

Los métodos basados en el uso de datos se han consolidado en España como una herramienta útil para la planificación de actuaciones de regeneración urbana, habiendo experimentado una notable evolución desde aproximaciones de índole analítica y base exclusivamente estadística hacia otras de carácter proyectual apoyadas en el uso de las nuevas tecnologías informáticas. Sin embargo, dichos métodos siguen teniendo que enfrentar a una dicotomía que se ha puesto claramente de manifiesto en lo expuesto: la que separa la accesibilidad de la herramienta y de los datos que se utilizan, y el nivel de detalle de los resultados.

En este artículo se ha mostrado la evolución de una línea de investigación en esta materia, culminada en el método MIUB, cuyo objetivo es apoyar la toma de decisiones para, ante varias alternativas, escoger primero dónde (según su impacto socioeconómico) y después cómo (según su impacto energético y económico) impulsar acciones de regeneración urbana. Frente a aquellos métodos que son capaces de alcanzar mayores niveles de detalle y precisión en los resultados de sus análisis o sus simulaciones, pero que emplean para ello datos no accesibles públicamente (o sometidos a intensa elaboración) y herramientas o programas *ad hoc*, el método MIUB tiene dos premisas que son a su vez ventajas: emplear exclusivamente datos de acceso público (sometidos a mínima elaboración) y tratarlos mediante procedimientos sencillos, empleando únicamente software SIG y BIM de uso habitual.

Aunque el método introduce simplificaciones y estimaciones, conforme a las limitaciones que imponen esas dos premisas asumidas, estas no cuestionan su utilidad para la finalidad con que se ha concebido, que no es obtener simulaciones detalladas de posibles actuaciones de regeneración, sino evaluar alternativas

MIGUEL FERNÁNDEZ MAROTO
MARTA ALONSO RODRÍGUEZ
VÍCTOR ANTONIO LAFUENTE SÁNCHEZ
DANIEL LÓPEZ BRAGADO
ENRIQUE RODRIGO GONZÁLEZ

Modelo de Información Urbana
de Barrio (MIUB) para regeneración
urbana: una propuesta metodológica

Neighbourhood Information Model
(NIM) for urban regeneration:
a methodological approach

para escoger la más ventajosa desde una lógica comparativa, en dos tiempos. En primer lugar, caracterizar (analizar) las necesidades de regeneración de los tejidos urbanos mediante procedimientos sencillos de base estadística, con datos socioeconómicos y con referencia a las secciones censales, para compararlas entre sí. En segundo lugar, sobre un ámbito o ámbitos predefinidos a partir del análisis anterior, proyectar (simular) tres posibles actuaciones de intervención, analizando sus aspectos energéticos y económicos para buscar no tanto la precisión del detalle, sino para concluir cuál resultaría a priori más conveniente (sin perjuicio de un estudio detallado posterior).

A partir de aquí, los constantes avances en la disponibilidad y accesibilidad pública de datos, y la eventual colaboración de las administraciones directamente implicadas en la planificación de actuaciones de regeneración urbana (autonómicas y locales), que disponen de datos con niveles de desagregación mayores que la sección censal, permitirá que métodos como el que aquí se ha expuesto puedan ofrecer cada vez mayor precisión espacial y riqueza de análisis sin perder la ventaja de su accesibilidad y facilidad de su uso.

Bibliografía

Arcas-Abella, Joaquim; Pagès-Ramon, Anna; Bilbao, Ander. 2021. Herramienta urbanZEB. Hacia el desarrollo de estrategias urbanas de transición energética de edificios. *ACE Architecture, City and Environment* 16-46: 9888. <http://dx.doi.org/10.5821/ace.16.46.9888>

Costa, Francisco P.; Santos Silva, Carlos A. 2021. Urban Modeling and Analytics in a Smart Context. En *Towards Energy Smart Homes: Algorithms, Technologies, and Applications*, eds. Stephane Ploix, Manar Amayri y Nizar Bouguila, 1-19. Cham: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76477-7>

De las Rivas Sanz, Juan Luis, dir. 2011. *PRICYL Plan de Rehabilitación Integral de Castilla y León*. Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid. http://www.jcyl.es/junta/cf/20120209_PRICyL.pdf

De las Rivas Sanz, Juan Luis, dir. 2015. *ERUCyL Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León*. Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid. <https://www.jcyl.es/junta/cma/ERUCyL.pdf>

De las Rivas Sanz, Juan Luis, dir. 2018. *Diseño y propuesta de una herramienta de desarrollo I+D+i de la Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León*. Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid (inédito).

De las Rivas Sanz, Juan Luis; Fernández-Maroto, Miguel; Rodrigo González, Enrique; Martínez Sierra, Mónica. 2017. Recuperando el concepto urbanístico de barrio: unidades urbanas y regeneración urbana en Castilla y León. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 49-191 (primavera): 45-62. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/85828>

De Santiago Rodríguez, Eduardo. 2018. Herramientas de diagnóstico para las intervenciones de regeneración urbana integrada en la ciudad consolidada: ejemplos de España. *Limaq* 4: 219-46. <https://doi.org/10.26439/limaq2018.n004.2658>

Fernández-Maroto, Miguel; Rodrigo González, Enrique. 2018. La Estrategia de Regeneración Urbana en Castilla y León (ERUCyL). *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 50-196 (verano): 375-83. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76668>

García-Araque, Jesús; García-Cuesta, José Luis. 2020. Propuesta y ensayo de una metodología de identificación de la vulnerabilidad urbana. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 52-205 (otoño): 455-76. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.205.02>

Martín-Consuegra, Fernando; de Frutos, Fernando; Hernández-Aja, Agustín; Oteiza, Ignacio; Alonso, Carmen; Frutos, Borja. 2022. Utilización de datos catastrales para la planificación de la rehabilitación energética a escala urbana: aplicación a un barrio ineficiente y vulnerable de Madrid. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 54-211 (primavera): 115-36. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.211.7>

Martín-Consuegra, Fernando; Hernández-Aja, Agustín; Oteiza, Ignacio; Alonso, Carmen. 2019. Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España). *EURE* 45-135 (mayo): 133-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000200133>

Rodríguez-Suárez, Iván; Hernández-Aja, Agustín; Gómez-Giménez, José Manuel; Matesanz-Parellada, Ángela; Díez-Bermejo, Ana. 2021. Los Catálogos de Barrios Vulnerables de España: análisis de la vulnerabilidad en las ciudades españolas entre 1991 y 2011. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 53 (monográfico): 179-200. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.M21.10>

Temes, Rafael R. 2014. Valoración de la vulnerabilidad integral en las áreas residenciales de Madrid. *EURE* 40-119 (enero): 119-49. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612014000100006>

Temes Córdovez, Rafael R. 2019. Visor de Espacios Urbanos Sensibles (VEUS). Una nueva herramienta para intervenir en la ciudad. En *Actas del III congreso Internacional ISUF-H: Ciudad compacta vs. Ciudad difusa*, 454-61. Valencia: Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/ISUFh2019.2019.9006>

Tirado Herrero, Sergio. 2017. Energy poverty indicators: A critical review of methods. *Indoor and Built Environment* 26-7: 1018-31. <https://doi.org/10.1177/1420326X17718054>

URBANopt (Urban Renewable Building And Neighborhood optimization), <https://docs.urbanopt.net/> (consultada el 8 de septiembre de 2022).

Zhu, Junxiang; Wright, Graeme; Wang, Jun; Wang, Xiangyu. 2018. A Critical Review of the Integration of Geographic Information System and Building Information Modelling at the Data Level. *International Journal of Geoinformation* 7-2: 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijgi7020066>

Procedencia de las imágenes

Figura 1. Juan Luis de las Rivas Sanz, dir., *ERUCyL Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León* (Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 2015): 455.

Figura 2. Juan Luis de las Rivas Sanz, dir., *Diseño y propuesta de una herramienta de desarrollo I+D+i de la Estrategia de Regeneración Urbana de Castilla y León* (Valladolid: Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid, 2018): 90.

Figura 3. Elaboración propia, a partir de datos del INE.

Figura 4. Elaboración propia.

Figura 5. Elaboración propia.

Figura 6. Elaboración propia.